

APPARATUS AND METHOD FOR SUPPORT OF WIRING DESIGN, AND COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

Patent Number: JP2001251740
Publication date: 2001-09-14
Inventor(s): KODAMA NOBUHIRO; YOSHIYUKI TAKASHI; HIRANO SEIICHI;
FUKUSHIMA TOMOHIRO
Applicant(s): MAZDA MOTOR CORP
Requested Patent: JP2001251740
Application
Number: JP200000057554 20000302
Priority Number(s):
IPC Classification: H02G3/30; G06F17/50; H02G1/06
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To readily recognize a stress applied to the fixing position of a wire.
SOLUTION: On the basis of a plurality of fixing positions, which are input and on the basis of the deformation factor of a wire harness(WH), the wiring shape of the WH which can satisfy the fixing positions is computed to be displayed on a display. Stress are applied to the plurality of fixing positions by the WH are computed. As information related to the calculated stress, the direction and the magnitude of the stress are displayed.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-251740

(P2001-251740A)

(43) 公開日 平成13年9月14日(2001.9.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 2 G 3/30		H 0 2 G 1/06	3 0 3 E 5 B 0 4 6
G 0 6 F 17/50		3/26	G 5 G 3 6 3
H 0 2 G 1/06	3 0 3	G 0 6 F 15/60	6 1 2 C
			6 1 2 G
			6 5 0 Z
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-57554(P2000-57554)

(22) 出願日 平成12年3月2日(2000.3.2)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 児玉 信宏

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(72) 発明者 吉行 隆

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳

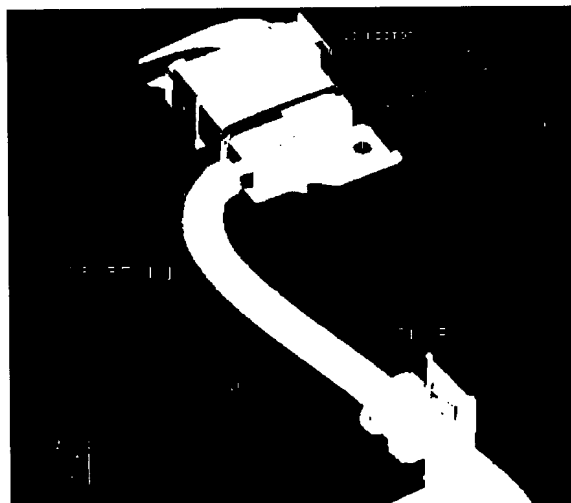
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 線条材の配線設計支援装置及び配線設計支援方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 線条材の固定位置に加わる力を容易に認識可能とする。

【解決手段】 入力された複数の固定位置及びワイヤハーネス（以下、WH）の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足するWHの配線形状を演算すると共にディスプレイに表示するに際して、そのWHによって当該複数の固定位置に加わる力を演算すると共に、その算出した力に関する情報として、その力の向きと大きさを表示する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力された複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を演算すると共に報知する演算手段を備える線条材の配線設計支援装置であって、

前記演算手段は、目的とする線条材の配線形状を演算するときに、その線条材によって前記複数の固定位置に加わる力を演算すると共に、その算出した力に関する情報を報知することを特徴とする線条材の配線設計支援装置。

【請求項2】 前記演算手段は、前記力に関する情報として、その力の大きさ及び方向を報知することを特徴とする請求項1記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項3】 前記演算手段は、前記力に関する情報を報知するときに、前記固定位置における設計強度として予め設定された所定値を越える場合には、その旨を警告することを特徴とする請求項1記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項4】 前記演算手段は、前記目的とする線条材に対する前記複数の固定位置の入力項目として、それら固定位置における自由度を指定可能であることを特徴とする請求項1記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項5】 前記演算手段は、前記固定位置における自由度として、前記線条材の前記固定位置における法線方向回りの回転の可否を指定可能であって、前記固定位置が回転可能に指定されたときには、前記線条材によって該固定位置に加わる力として、前記線条材が前記法線方向回りに回転しようとする力を演算することを特徴とする請求項1記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項6】 前記演算手段は、目的とする線条材の曲げ剛性 E を、入力された線条材径 ϕ に基づいて、その線条材の曲率 ρ に関する所定の双2次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性 E を用いて、該線条材の配線形状を演算することを特徴とする請求項1乃至請求項5の何れかに記載の線条材の配線設計支援装置。

【請求項7】 複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を演算すると共に報知する線条材の配線設計支援方法であって、

目的とする線条材の配線形状を演算するときに、その線条材によって前記複数の固定位置に加わる力を演算すると共に、その算出した力に関する情報を報知することを特徴とする線条材の配線設計支援方法。

【請求項8】 前記力に関する情報として、その力の大きさ及び方向を報知することを特徴とする請求項7記載の線条材の配線設計支援方法。

【請求項9】 前記力に関する情報を報知するときに、前記固定位置における設計強度として予め設定された所定値を越える場合には、その旨を警告することを特徴と

する請求項7記載の線条材の配線設計支援方法。

【請求項10】 前記目的とする線条材に対する前記複数の固定位置の入力項目として、前記線条材の前記固定位置における法線方向回りの回転の可否を指定可能に構成しておき、

前記固定位置が回転可能に指定されたときには、前記線条材によって該固定位置に加わる力として、前記線条材が前記法線方向回りに回転しようとする力を演算することを特徴とする請求項7記載の線条材の配線設計支援方法。

【請求項11】 前記目的とする線条材の配線形状は、その線条材の曲げ剛性 E を、入力された線条材径 ϕ に基づいて、その線条材の曲率 ρ に関する所定の双2次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性 E を用いて演算したものであることを特徴とする請求項7乃至請求項10の何れかに記載の線条材の配線設計支援方法。

【請求項12】 請求項1乃至請求項6の何れかに記載の線条材の配線設計支援装置としてコンピュータを動作させるプログラムコードが格納されていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項13】 請求項7乃至請求項11の何れかに記載の線条材の配線設計支援方法をコンピュータによって実現可能なプログラムコードが格納されていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、線条材の配線設計支援装置及び配線設計支援方法に関し、例えば、自動車等の設計現場における各種ワイヤハーネスの最適な配線設計を支援する支援装置及び配線設計支援方法に関する。

【0002】

【従来の技術】自動車等の車両や家電製品等の各種電子機器には、ある電装品と他の電装品との間、或いは、あるパッケージと他のパッケージとの間を接続するために線条材が使用される。

【0003】代表的な線条材としては、複数の電線や通信線が適宜テープ等の保護部材によって1本の束にまとめられると共に、両端部に所定のコネクタが取り付けられた所謂ワイヤハーネスが挙げられ、その用途（接続先）に応じて、束ねられる電線の本数や個々の電線の太さ、分岐点の有無等が異なるので、ワイヤハーネスとしての剛性も様々である。

【0004】従来、このようなワイヤハーネスを多用するメーカの設計現場においては、電装品やパッケージ等の設計自体はCAD（コンピュータ支援設計）システムが早くから普及しているものの、ワイヤハーネスの配線ルート、長さ、1本にまとめるべき電線や通信線の数量等の設計については、設計者が主に勘と経験に基づい

て、試作を繰り返すのが一般的である。

【0005】しかしながら、近年においては、できるだけ実物の試作を行わずに短期間で製品を開発すべく、設計業務の一連の工程がコンピュータ等を用いた設計支援装置上において行われるようになりつつあり、上述したワイヤハーネスの配線設計においても、設計者の経験には関りなく最適な設計が容易に実現可能な支援装置が望まれる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このようなニーズを背景として、現在のCADシステムにおいては、オペレータによって2次元平面、或いは3次元空間上に定義された複数の点（座標）に基づいて、B-Spline曲線、Bezier曲線、或いは、NURBS曲面等のパラメトリックな手法により、それらの点を満足する（近似する）曲線や曲面を自動的に算出する機能も開発されている。

【0007】しかしながら、これらの方法による形状シミュレーションは、複数の固定点の座標データを満足するものの、幾何学的な処理によるシミュレーションであるため、例えばワイヤハーネスの配線を設計する場合に適用しようとする、ワイヤハーネスの自重や硬さ（剛性）、並びにそれらの要因によってコネクタ等の固定位置に生じる力等の力学的な要素が考慮されていないため、生成された形状に従って実際の製品をそのまま製造することは困難（非現実的）な場合も多い。

【0008】また、上述したパラメトリックな手法の一例として、特開平7-182017号には、産業用ロボットのアームに沿って配設されるワイヤハーネスの形状シミュレーションを行う方法が提案されている。この方法においては、シミュレーション対象のワイヤハーネスのアーム上の複数の固定点位置、それら固定点位置における接線ベクトル、ワイヤハーネスの長さ、変形係数等のパラメータを入力することによって当該ワイヤハーネスの変形形状を自動的に算出し、周囲の他の装置との干渉をチェックを実現するものである。

【0009】しかしながら、上記の従来例においては、ワイヤハーネスを固定する半固定の支持部材（クリップ）や同一のワイヤハーネスに設けられた分岐、ワイヤハーネスが曲がることによって各固定点に生じる力等が考慮されていない。

【0010】また、自動的に算出されたワイヤハーネスの形状において、両端部のコネクタ等に加わる力が明らかではないので、固定に際してどの程度の強度が必要なのか、或いは妥当な強度であるか等を把握することが困難である。

【0011】そこで本発明は、線条材の固定位置に加わる力を容易に認識可能な線条材の配線設計支援装置及び配線設計支援方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体の提供を目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明に係る線条材の配線設計支援装置は、以下の構成を特徴とする。

【0013】即ち、入力された複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を演算すると共に報知する演算手段を備える線条材の配線設計支援装置であって、前記演算手段は、目的とする線条材の配線形状を演算するときに、その線条材によって前記複数の固定位置に加わる力を演算すると共に、その算出した力に関する情報（力の大きさ及び方向）を報知することを特徴とする。

【0014】また、このとき、前記演算手段は、前記力に関する情報を報知するときに、前記固定位置における設計強度として予め設定された所定値を越える場合には、その旨を警告すると良い。

【0015】また、例えば前記演算手段は、前記目的とする線条材に対する前記複数の固定位置の入力項目として、それら固定位置における自由度を指定可能に構成すると良い。

【0016】また、前記固定位置における自由度として、前記線条材の前記固定位置における法線方向回りの回転の可否を指定可能に構成した場合に、前記固定位置が回転可能に指定されたときには、前記線条材によって該固定位置に加わる力として、前記線条材が前記法線方向回りに回転しようとする力を演算すると良い。

【0017】上記の目的を達成するため、本発明に係る線条材の配線設計支援方法は、以下の構成を特徴とする。

【0018】即ち、複数の固定位置及び線条材の変形係数に基づいて、それら固定位置を満足する線条材の配線形状を演算すると共に報知する線条材の配線設計支援方法であって、目的とする線条材の配線形状を演算するときに、その線条材によって前記複数の固定位置に加わる力を演算すると共に、その算出した力に関する情報（力の大きさ及び方向）を報知することを特徴とする。

【0019】また、上記の線条材の配線設計支援装置及び方法において、何れの場合においても、前記目的とする線条材の配線形状は、その線条材の曲げ剛性Eを、入力された線条材径 ϕ に基づいて、その線条材の曲率 ρ に関する所定の双2次関数によって算出すると共に、その算出した曲げ剛性Eを用いて算出すると良い。

【0020】更に、上記の線条材の配線設計支援装置及び配線設計支援方法を、コンピュータによって実現するプログラムコードが格納されている、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体を特徴とする。

【0021】

【発明の効果】上記の本発明によれば、線条材の固定位置に加わる力を容易に認識可能な線条材の配線設計支援装置及び配線設計支援方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体の提供が実現する。

【0022】即ち、請求項1または請求項7の発明によれば、固定位置に加わる力の状態が、その力の大きさ及び方向（請求項2、請求項8）によって報知されるので、その力の状態を考慮した最適な設計を行うことができる。

【0023】また、請求項3または請求項9の発明によれば、線条材の不適切な固定を未然に防止することができる。

【0024】また、請求項4の発明によれば、線条材の固定方法として複数種類の選択肢を用意することができる。本配線設計支援装置の用途を広げることができる。

【0025】また、請求項5または請求項10の発明によれば、線条材の固定方法として、軸回転が可能な部材を選択することができると共に、その部材に加えられる回転力を認識することができる。

【0026】また、請求項6または請求項11の発明によれば、実際に実現可能な線条材の形状を正確に算出することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る線条材の配線設計支援装置及び配線設計方法を、複数の電線が1つに束ねられると共に各端部には所定のコネクタが取り付けられたワイヤーハーネスの配線設計を行う場合に適用した実施形態として、図面を参照して詳細に説明する。

【0028】図1は、本実施形態にて設計対象とするワイヤーハーネスの全体形状を例示する図である。図2は、図1に示すワイヤーハーネスの断面形状を例示する図である。

【0029】図1に示すワイヤーハーネスは、各端部に電装品12と接続されるコネクタ11が設けられると共に、3つの分岐箇所（分岐点）を有する。

【0030】このワイヤーハーネスの線材部分の断面においては、図2に示すように、複数の電線15がテープ16等の保護部材や、不図示の合成樹脂製の結束部材（例えば、カールやインシュロック（バインド））等によってまとめられている。このため、図1に例示するワイヤーハーネスにおいては、基本的には図1の左側の部分ほどまとめられている電線の本数が多く、各分岐を経て右側に向かうほどまとめられている電線の本数が少ない。また、当該ワイヤーハーネスの中央部分は、外部の干渉物との接触（摩擦）による電線15及びその内部の導線（不図示）の露出を防止すべく、他の部分より強度の高い保護部材14によって保護されている。

【0031】また、図1に例示するワイヤーハーネスにおいて、各コネクタ11は、電装品12側に設けられたペアのコネクタ（不図示）の固定位置及びその装着方向に応じて所定の固定位置に着脱可能に固定される。図1に示すクリップ13は、周囲の干渉物（例えば製品筐体の内面やステー等の所定位置）に取り付けられると共に、その所定位置にて固定または半固定（軸回りに回転可

能）にワイヤーハーネスを保持する支持部材である。

【0032】そして、当該ワイヤーハーネス上の各分岐点は、その各部分の剛性、各コネクタ11の固定位置、並びに各クリップ13の固定位置及びその支持方法等に応じて、力学的に釣り合いが採れる位置に配置される。

【0033】図3は、本実施形態にて設計対象とするワイヤーハーネスを保持する回転クリップの形状を例示する図である。

【0034】クリップ13の一例として図3（a）に断面、図3（b）に上面図を示す回転クリップ13Aは、半円形状の断面を有する2つの支持脚が形成されると共に、その上部にはワイヤーハーネス17を保持可能な台座が形成された樹脂製のクリップであり、それら2つの支持脚がベース18に設けられた円形の取り付け穴に挿入されることにより、当該円の中心を通る軸回りに回転可能である。本実施形態では、以下の説明において回転クリップ13Aのように回転可能な支持部材を回転クリップと総称する。

【0035】また、所定位置にてワイヤーハーネスを回転することなく固定するクリップとしては、図示は省略するが、例えばベース18にを四角形の取り付け穴を設けると共に、図3に示す回転クリップ13Aの2本の支持脚の断面を、当該四角形の取り付け穴の大きさに合わせて四角形に形成すれば、固定式のクリップを実現することができる。以下の説明においては、このようなクリップを固定クリップと総称する。

【0036】ここで、ワイヤーハーネスを支持する支持部材と、その支持部材によって固定した場合の自由度についてまとめておく。

【0037】図4は、本実施形態に係るワイヤーハーネスの形状算出において扱う支持部材の種類及びその自由度の一覧を示す図であり、縦の欄は、ワイヤーハーネスの固定方法として、上述したコネクタ、固定クリップ、回転クリップ、そして厳密には固定方法ではないが比較対照として分岐点（自由端）を示している。また、横の欄には、3次元座標xyzにおいてそれらの支持部材によってワイヤーハーネスを固定した位置において合力が存在した場合に、その合力に応じて固定位置が移動することができるか否かと、当該固定位置において合モーメント（合成モーメント）が存在した場合に、その合モーメントに応じた方向に固定位置が回転することができるか否かを示す。

【0038】同図から判るように、ワイヤーハーネスは、コネクタ及び固定クリップによる固定位置において、何れの方角にも移動及び回転ができない（自由度0）のに対して、回転クリップによる固定位置においては、合モーメントに応じた回転が可能である（自由度2）。これに対して、分岐点においては、何れの方角にも移動及び回転ができる（自由度6）。

【0039】本実施形態では、このような回転または固

定クリップを用いて保持しながら、上述した分岐を有するワイヤハーネスを最適に配線することを目的とするが、ここで、本実施形態の概要を説明する。

【0040】本実施形態に係る線条材の配線設計支援装置は、オペレータによって入力されたコネクタ及び固定クリップ等の固定点の座標を満足するワイヤハーネスの形状をシミュレーションするに際して、ワイヤハーネスの直径等に基づいてワイヤハーネスが曲げられたときの曲げ剛性Eを算出し、その曲げ剛性E及び捩じり剛性Cに基づいて当該ワイヤハーネス各部に生じる力F及びモーメントMを算出し、これらの算出値を用いてワイヤハーネスの形状を算出する。これにより、従来は幾何学的要素のみによって行われたワイヤハーネスのシミュレーション計算とは異なり、幾何学的要素及び力学的要素を加味することにより、より現実的に即したシミュレーション計算を実現するものである。

【0041】＜弾性体モデルの関係式＞に係る本実施形態において、太さ及び弾性を有するワイヤハーネスが曲がることにより、個々の部分に発生する力F、モーメントE、並びに形状の算出には、カナパソー(Konapasek)によって与えられた弾性体モデルのベクトル式を採用する。このベクトル式については、M. Konapasek 及び J. W. S. Hearlによる文献(fiberSci & Technology, 5, 1, 1972)に詳細が記載されているが、ここではその関係式に

$$\begin{aligned} \mathbf{u}' &= \omega \times \mathbf{u}, & \mathbf{v}' &= \omega \times \mathbf{v}, \\ &\dots\dots (2), \end{aligned}$$

上記の(2)式において、pはu方向の曲率、qはv方向の曲率、rはw回りの捩じり率である。u及びvは、

$$\mathbf{M}_u = \mathbf{A} \cdot \mathbf{p}, \quad \mathbf{M}_v = \mathbf{B} \cdot \mathbf{q},$$

上記の(3)式において、A及びBは、曲げ剛性値である。Cは、捩じり剛性値である。 \mathbf{M}_u 、 \mathbf{M}_v 、 \mathbf{M}_w は、モーメントMのu、v、w方向成分である。

【0048】・力FとモーメントMとの釣り合いの関係式：

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_{(d+ds)} - \mathbf{M}_s + m ds + \{\mathbf{w} \times \mathbf{F}\} ds &= 0, \\ \mathbf{F}_{(d+ds)} - \mathbf{F}_s + f ds &= 0 \quad \dots\dots (4), \end{aligned}$$

上記の(4)式において、mは自己モーメントである。Fは、細棒の始点からの距離sに働く力である。fは細棒の自重である。

【0049】上記の各式において、細棒の両端点の位置及び接線方向を境界条件として与えて数値解析を行えば、その細棒の中心線の形状、力F、モーメントMを算

$$\begin{aligned} \text{曲げ剛性 } E \text{ (N} \cdot \text{cm}^2\text{)} &= f(\phi, \rho) = G(a_0(\phi) + a_1(\phi)\rho + a_2 \\ &(\phi)\rho^2) \times K, \quad \dots\dots (5), \end{aligned}$$

上記の(5)式の双2次関数において、

$a_0(\phi) = 5.76\phi + 1.04\phi^2$,
 $a_1(\phi) = -0.28\phi - 0.0559\phi^2$,
 $a_2(\phi) = 0.0047\phi + 0.000638\phi^2$,
 であり、各係数は、実験に基づいて経験的に求めた値である。また、 ϕ は、ワイヤハーネスの直径(mm)であ

ついて、図5を参照して概説する。

【0042】図5は、本実施形態において採用する弾性体モデルのベクトル式を説明するための図である。

【0043】カナパソーらは、上記の文献において、太さ及び弾性を有する弾性体の力F、モーメントE、並びに形状の算出べく、弾性体としての細棒に太さが無いと近似すると共に、更に、幾何学的な形状解析手法を融合することにより、その細棒の大変形を、比較的少量の計算によって算出する手法を提案している。

【0044】この手法においては、細棒の従うべき形状は、微小な区間に着目することにより、以下の式で表わすことができる。尚、以下の説明では、ベクトルの表現を、本実施形態においては太線により表し、図面ではアッパーバーにて表わす。

【0045】・細棒の中心線上の位置とその位置における接線方向の関係式：

$$\mathbf{w} = \mathbf{r} / ds \text{ (r')} \quad \dots\dots (1),$$

上記の(1)式において、rは、細棒の中心線上の、所定の基準点Oからの位置である。sは、細棒の始点から中心線に沿って測った距離(長さ)である。Wは、当該位置における細棒の向きを表わすところの接線方向を表している。以下の説明では、sの微小変化分(微分) d/ds を「'」にて表わす。

【0046】・曲率 ρ と方向変化量の関係式：

$$\mathbf{w}' = \omega \times \mathbf{w}, \quad \omega = p\mathbf{u} + q\mathbf{v} + r\mathbf{w}$$

wと組み合わされる座標系ベクトルである。

【0047】・曲率 ρ とモーメントの関係式：

$$\mathbf{M}_w = \mathbf{C} \cdot \mathbf{r} \quad \dots\dots (3),$$

出すことができる。

【0050】次に、上述したカナパソーの関係式を用いてワイヤハーネスの形状を算出べく、その関係式に代入する値について説明する。

【0051】＜曲げ剛性Eの関係式＞上記の弾性体モデルの各関係式を、図1に例示したようなワイヤハーネスの配線設計に適用とした場合、上述したように、対象とするワイヤハーネスの部分によって太さが異なるため、曲げ剛性Eも異なる。そこで、本実施形態では、上記の弾性体モデルの各関係式をワイヤハーネスの形状計算に採用するにあたり、以下に示す曲率 ρ に関する所定の双2次関数を採用した。

【0052】

る。 ρ は、曲率(1/mm) $\times 10^3$ であり、設定された2ヶ所の固定位置(座標値)を、対象とするワイヤハーネスの両端部分が満足すべく、当該ワイヤハーネスがなす長さ方向の形状に応じて定まる。Gは、重力加速度(≈ 9.8) (m/sec²)である。Kは、保護部材の種類に応じて定まる係数(≤ 1.0)である。

【0053】上記の曲げ剛性Eの関係式において、 $a_0(\phi)$ 乃至 $a_2(\phi)$ の各式は、太さ、電線の数量、或いは保護材の有無等が異なる複数種類のワイヤハーネスを対象とする本願出願人による実験に基づいて、経験的に求めた式であり、(5)式の双2次関数によって算出される曲げ剛性Eの値は、対象とするワイヤハーネスの曲率 ρ が大きくなるのに応じて小さくなる。

【0054】また、本実施形態において、(5)式によって算出される曲げ剛性Eは、上記の(3)式に含まれる曲げ剛性値A及びBとして共通に使用される。ここで、その理由について説明する。上記の(3)式に曲げ剛性値A及びBが含まれるのは、当該(3)式には弾性体モデルが有する曲がり易さの方向性(例えば、断面が楕円形状の材質は、長軸方向には硬く、短軸方向には柔らかいという特性等)が考慮されているためであり、本実施形態のように内部に束ねられている電線の本数が同じであれば曲げ剛性や捩じり剛性が基本的には略同じとみなすことができるワイヤハーネスを扱う場合は、曲がり易さの方向性を厳密に考慮する必要はない。

【0055】<捩じり剛性値C>尚、上記の(3)式に代入する捩じり剛性値Cは、ワイヤハーネスの太さ(直径)に基づく高次式により算出することができ、本実施形態では、各種のワイヤハーネスについて行った実験値に基づいて、多変量解析等の手法によって算出した係数を含む2次の関係式を採用するが、この方法自体は一般的であるため、詳細な説明は省略する。

【0056】<ワイヤハーネスの重量>ワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量は、ワイヤハーネスの内部に束ねられる電線(線材)の種類及び本数に応じて異なる。また、ワイヤハーネスの用途や接続先の電装品がある程度限定されているのであれば(例えば、自動車のエンジンルーム内に配設するワイヤハーネスの形状を算出する等)、採用するであろう電線の種類や束ねるべき電線の本数を限定することができるので、この電線の種類や本数のバリエーションを、ワイヤハーネスの太さ(直径)に置き換えて考えることができる。そこで、本実施形態では、係るワイヤハーネスのバリエーションについて太さと単位長さ当たりの重量との関係を予め計測しておき、その計測結果を用いて、形状を求めるべきワイヤハーネスの太さがオペレータによって入力されれば、そのワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量が自動的に選択されるように構成する。或いは、前述したように、接続先の電装品が決まれば、使用するべきワイヤハーネスは限定することができるので、形状を求めるべきワイヤハーネスの用途や接続すべき電装品をオペレータが選択することにより、選択されるべきワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量が自動的に選択されるように構成しても良い。

【0057】<配線設計支援装置>ここで、上述した各値及び関係式を用いて、後述する手順に従ってワイヤハ

ーネスの配線形状を算出するところの、本実施形態に係る配線設計支援装置の構成について説明する。

【0058】図12は、本実施形態に係る線条材の配線設計支援装置のブロック構成図である。

【0059】図中、22は、CRT等のディスプレイ、23は入力手段であるキーボードである。24は、ブートプログラム等を記憶しているROMである。25は、各種処理結果を一時記憶するRAMである。26は、後述する如くワイヤハーネスの配線形状を算出するためのプログラム等を記憶するハードディスクドライブ(HDD)等の記憶装置である。27は、外部の装置と通信回線30を介して通信するための通信インタフェースである。そして28は、処理結果等を印刷するプリンタである。これらの各構成は、内部バス29を介して接続されており、C.P.U.(中央演算処理装置)21は記憶装置26に記憶したプログラムに従って配線設計支援装置の全体を制御する。

【0060】当該線条材の配線設計支援装置としては、後述するワイヤハーネスの配線形状の算出処理(大別して、基本形状算出処理と釣り合い形状算出処理とからなる)を実現するソフトウェアを実行可能な汎用のコンピュータを使用することができる。

【0061】<基本形状の算出処理>次に、上述した各関係式を用いて、両端が所定位置にて固定(自由端の場合を含む)されるべき1本の太さ(直径)が同じワイヤハーネスの形状を算出する処理について説明する。この処理(以下、基本形状算出処理)は、図12に示す配線設計支援装置において、後述するところの、分岐を有すると共に各部の太さが異なるワイヤハーネスの配線時の形状シミュレーションや、その形状の各部が力学的に釣り合うまで再計算を繰り返す際の基本となる処理である。

【0062】図6は、本実施形態における基本形状算出処理において算出する1本のワイヤハーネスの形状と、その形状を算出するためにオペレータが入力すべきパラメータを説明する図である。

【0063】図7は、本実施形態における基本形状算出処理を示すフローチャートである。

【0064】同図において、ステップS1:基本形状算出のための所定の各種データが入力されるように、オペレータに促す。具体的には、以下の項目のデータの入力が要求される。

- 1: 処理対象のワイヤハーネスの太さ(直径) ϕ (mm),
- 2: 処理対象のワイヤハーネスの外部の干渉面に対する固定位置1のグローバル座標系における座標値,
- 3: 固定位置1における固定方向を表わす接線方向1,
- 4: 固定位置1の向きを表わす法線方向1(入力された接線方向1に応じて自動的に算出しても良い),
- 5: 処理対象のワイヤハーネスの外部の干渉面に対する

固定位置2のグローバル座標系における座標値、

6: 固定位置2における固定方向を表わす接線方向2、

7: 固定位置2の向きを表わす法線方向2 (入力された接線方向2に応じて自動的に算出しても良い)、

8: 処理対象のワイヤハーネスを外装する保護部材 (テープ等) の種類、

9: 処理対象のワイヤハーネスの長さL (mm) (自動算出された長さを採用する場合は入力しなくても良い)、

10: 処理対象のワイヤハーネスを固定位置1及び2にて固定することにより、そのワイヤハーネスに生じる捻じれ (モーメント) を考慮して形状算出を行うか否かの指定 (本基本形状算出処理によって生成した複数の基本形状 (複数のワイヤハーネス) を接続することによって後述する釣り合い形状を算出する場合に入力)、

11: 処理対象のワイヤハーネスを固定位置1及び2にて固定する際に使用する固定部材 (分岐を表わす自由端を含む) の種類、

尚、固定位置1及び2の座標値の入力の方法としては、予め別工程にて設計された干渉面 (ワイヤフレームモデルやソリッドモデル等) のデータを本ステップにて読み込んでディスプレイ22に表示させると共に、その表示されたモデル上の所望の位置をマウス等のポインティングデバイスによって選択させるように構成しても、或いは、座標値を直接入力させるように構成しても良い。

【0065】また、記憶装置26には、上述した保護部材Kの値が保護部材の種類に応じて予め記憶されており、本ステップにて保護部材の種類が選択されることにより、使用すべき係数Kが決定される。

【0066】更に、記憶装置26には、1本のワイヤハーネスとして束ねる電線の数量に応じて定まるワイヤハーネスの太さを予め記憶しておき、本ステップにて処理対象のワイヤハーネスに束ねるべき電線の本数を選択させることにより、そのワイヤハーネスの直径を自動的に決定しても良い。

【0067】また、記憶装置26には、図4を参照して説明した各固定部材の自由度を表わすテーブルを、拘束条件として予め記憶しておき、本ステップにて固定位置1及び2に対して何れかの部材がオペレータによって選択されることにより、当該配線設計支援装置は、各固定位置の自由度を認識することができる。

【0068】ステップS2、ステップS3: ステップS1にて入力された各項目のデータには、入力項目数の確認や桁数の確認等の一般的な妥当性チェック (ステップS2) が行われた後、CPU21の主記憶に読み込まれる (ステップS3)。

【0069】ステップS4: ステップS1にて入力 (または決定) された処理対象のワイヤハーネスの太さと、選択された係数Kを、上述した (5) 式の関係式に代入することにより、曲げ剛性Eを算出する。このとき、代

入する曲率 ρ としては、処理対象のワイヤハーネスの最大曲率を使用することにより、効率的な演算を実現している。

【0070】更に、ステップS4では、処理対象のワイヤハーネスの単位長さ当たりの重量を算出する。この重量の算出は、ワイヤハーネスの太さと、単位長さ当たりの重量との関係を記憶装置26等にルックアップテーブルとして予め格納しておき、そのルックアップテーブルを、ステップS1にて入力された太さに従って参照することによって求めれば良い。そして、捻じれ剛性値Cは、上述したように、ステップS1にて入力されたワイヤハーネスの直径を、実験により経験的に求めた2次式に代入することによって算出する。

【0071】ステップS5: ステップS1にて入力された処理対象のワイヤハーネスの固定位置1及び2における接線方向及び法線方向、並びに、ステップS4にて算出した値を、上述したカナバソウの関係式に代入することにより、それらの固定位置1及び2にて当該ワイヤハーネスを固定したときの弾性体モデルとしての形状及びその内部に発生する力FとモーメントMとを算出する。

【0072】ステップS6: ステップS1にて入力された所定項目のデータと、ステップS5にて算出した力F及びモーメントMを記憶装置26に記憶する。より具体的には、少なくとも、ワイヤハーネスの太さ ϕ 、算出された (または入力された) 長さL、固定位置1及び2の法線方向ベクトル、それら2ヶ所間の捻じれ量を表わす捻り率 ($m/radian$)、算出した力Fを保存する (尚、入力データを全て保存しても良い)。

【0073】ステップS7: 算出した処理対象のワイヤハーネスの形状 (基本形状) をディスプレイ22に表示すると共に、固定位置1及び2に加わる力Fを、その力の大きさと向きを表わすベクトルとして表示する。

【0074】図13は、本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力Fの表示例を示す図であり、同図に示すワイヤハーネスは、一例として上側に示す固定位置1がコネクタ、下側に示す固定位置2が固定クリップの場合を示しており、各固定位置からは、図13に示す形状に曲がったワイヤハーネスを当該固定位置1及び2にて発生する力の大きさ及び向きが表示されている。

【0075】上述した基本形状算出処理によれば、算出された基本形状に発生する合力Fが表示されるので、オペレータは、コネクタ等の固定部材を固定するために必要な力の向きと大きさ、周囲の干渉物との位置関係を視覚的に容易に認識することができ、設計時の支援性を向上することができる。

【0076】また、図14は、本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状と、一般的なCADシステムによって算出したワイヤハーネスの形状とを比較例を示す図であり、一般的なCADシ

システムによるワイヤハーネスの形状は、曲がり剛性や自重が考慮されていないために、本実施形態に係るワイヤハーネスの形状と比較して不自然に捻じれた形状であることが判る。

【0077】＜釣り合い形状の算出処理＞次に、上述した基本形状算出処理によって形状が算出されたワイヤハーネスを、その端部において固定（自由端の場合を含む）する場合の力学的な釣り合い形状を算出する処理（以下、釣り合い形状算出処理）について説明する。

【0078】はじめに、上述した基本形状算出処理において形状を算出したワイヤハーネスを、グローバル座標系の3次元空間に配置した場合に、そのワイヤハーネスの端部（固定位置1または2）に生じる力及びモーメントは、 F_i 、 M_i にて表される。

【0079】また、ある端部が複数のワイヤハーネスによって構成され、分岐点を構成している場合、その分岐点に発生する合力及び合モーメントは、一般式として、以下の計算によって求められる。

【0080】力 $F = \Sigma F_i \quad \dots (6)$ 、

モーメント $M = \Sigma M_i \quad \dots (7)$ 、

次に、上記のような力学的な関係にあるワイヤハーネスの端部における釣り合いの条件について説明する。

【0081】・分岐点（自由端）の場合：上記の（6）式及び（7）式によって算出した合力 F 及び合モーメント M が共にゼロ、

・回転クリップの場合：上記の（7）式によって算出した合モーメント M を、回転クリップの回転軸（即ち、法線方向）に射影したモーメント成分がゼロ、

尚、上記の回転クリップの場合においては、軸回転可能に拘束されるため、合力 F について釣り合いの条件を考慮する必要は無い。同様に、端部がコネクタ及び固定クリップの場合は、自由度0にて拘束されるため、釣り合いの条件を考慮する必要は無い。

【0082】ここで、上述した力学的な釣り合いの関係について、複数のワイヤハーネスが接続された分岐点の場合の力学的な関係について具体的に説明する。

【0083】図8は、本実施形態における釣り合い形状算出処理の対象となる分岐を有するワイヤハーネスの形状を例示する図である。

【0084】同図に示すワイヤハーネスは、一例として、釣り合い形状算出処理の対象としてオペレータが選択したところの、分岐点 P_a を1つ有するワイヤハーネスであり、例えば当該ワイヤハーネスにおいて、分岐点 P_a を境にして左側のワイヤハーネスの内部には5本の電線が束ねられ、分岐点 P_a を境にして右側においては、2本の電線が束ねられたワイヤハーネスと、3本の電線が束ねられたワイヤハーネスとに別れている。

【0085】オペレータは、このワイヤハーネス全体に釣り合い形状算出処理を施すのに先立って、そのワイヤハーネスを構成する複数の基本形状の算出を行って

る。即ち、図8に例示するワイヤハーネスは、基本形状算出処理によって基本形状として算出された5本のワイヤハーネス（ワイヤハーネス1乃至5）を接続することにより形成されている。ここで、ワイヤハーネス1乃至5の構成について説明すれば、

・ワイヤハーネス1：固定位置1がコネクタ11A、固定位置2がクリップ13B（固定クリップまたは回転クリップ）のワイヤハーネスである。

・ワイヤハーネス2：固定位置1がクリップ13B（固定クリップまたは回転クリップ）、固定位置2が分岐点 P_a のワイヤハーネスであり、保護部材14によって保護されている。

・ワイヤハーネス3：固定位置1が分岐点 P_a 、固定位置2がコネクタ11Bのワイヤハーネスである。

・ワイヤハーネス4：固定位置1が分岐点 P_a 、固定位置2がクリップ13C（固定クリップまたは回転クリップ）である。

・ワイヤハーネス5：固定位置1がクリップ13C、固定位置2がコネクタ11Cのワイヤハーネスである。

【0086】図9は、図8に示すワイヤハーネスに含まれる分岐点 P_a を構成するワイヤハーネス2乃至4に発生する力及びモーメントを説明する図である。同図に示すワイヤハーネス2乃至4の各端部は、実際には同一位置である分岐点 P_a にて接続しているが、説明及び図示の都合上、別々に離して表現している。

【0087】図9に示す分岐点 P_a において、ワイヤハーネス2の固定位置2には、力 F_3 とモーメント M_3 が発生しており、ワイヤハーネス3の固定位置1には、力 F_1 とモーメント M_1 が発生しており、ワイヤハーネス4の固定位置1には、力 F_2 とモーメント M_2 が発生している。これらの力及びモーメントは、ワイヤハーネス2乃至4についての基本形状算出処理によって求められた値である。

【0088】ここで、図9の場合を、上記の（6）式及び（7）式に当てはめると、分岐点 P_a における合力 F は、力 F_1 、力 F_2 、並びに力 F_3 の各ベクトルを加算することによって得られる。また、分岐点 P_a における合モーメント M は、モーメント M_1 、モーメント M_2 、並びにモーメント M_3 の各ベクトルを加算することによって得られる。

【0089】そして、このような計算によって合力及び合モーメントが算出できる分岐点 P_a が、力学的な釣り合いが成立したある形状をなすためには、グローバル座標系の3次元空間に配置された分岐点 P_a の位置が、算出した合力 F 及び合モーメント M が共にゼロとなる位置に配置される（移動する）ことによって得られる。

【0090】また、上記の力学的な釣り合い形状を、回転クリップについて当てはめると、回転軸上で固定された回転クリップの向き（方向）は、算出した合モーメントを、当該回転軸に射影したモーメント成分がゼロとな

るまで回転することによって得られる。

【0091】上記の釣り合いの条件を満足する位置（または向き）を演算するには、コンピュータの演算処理で一般的に行われる最適値（最適解）の算出方法を採用することができる。即ち、本実施形態に適用すれば、例えば、ある基本形状または複数の基本形状の組み合わせによって得られる形状について上記の如く合力及び合モーメントを算出すると共に、その算出結果が当該条件を満足するか否かを判断する。そして満足しない場合は、所定量だけ対象としている端部（自由端）の回転または移動を行い、その回転または移動後の新たな位置における基本形状を算出し直し、その新たな基本形状を用いて改めて上記の如く合力及び合モーメントを算出すると共に、その算出結果が当該条件を満足するか否かを判断する。このような処理を繰り返すと共に、ある時点で算出結果が前回とは逆の判定になった場合には、今までとは逆の方向に端部（自由端）の回転または移動を少量だけ行い、当該条件を満足するまで同様な処理を繰り返す等の処理を行えば良い。

【0092】次に、上述した説明を実現する釣り合い形状算出処理の手順について説明する。

【0093】図10は、本実施形態における釣り合い形状算出処理を示すフローチャートである。

【0094】同図において、ステップS11：釣り合い形状算出のための所定の各種データが入力されるように、オペレータに促す。具体的には、以下の項目のデータの入力が必要とされる。

1：釣り合い形状を算出する基本形状、または複数の基本形状からなるワイヤハーネスの形状の指定、

2：上記1項の形状の固定位置の種類データ（回転クリップ、自由端等の識別データ）、

尚、固定位置の種類データについては、個々の基本形状算出処理において既に設定されている場合には形状データと共に読み込めば良い。

【0095】ステップS12、ステップS13：ステップS11にて入力された各項目のデータには、入力項目数の確認や桁数の確認等の一般的な妥当性チェック（ステップS12）が行われた後、CPU21の主記憶に読み込まれる（ステップS13）。

【0096】ステップS14：ステップS11にて指定されたワイヤハーネスについてステップS13にて読み込まれた（固定位置、分岐点（自由端）における力及びモーメントに基づいて、上記の（6）式及び（7）式により、合力F及び合モーメントMを算出する。

【0097】ステップS15：ステップS14にて算出した合力F及び合モーメントMが、上述した所定の釣り合い条件を満足しているかを、ステップS11にて入力されたワイヤハーネスに含まれる全ての端部（固定点及び自由端）について判断する。

【0098】ステップS16：ステップS15の判断で

NOのとき（所定の釣り合い条件を満足していない端部が有るとき）にはステップS16に進み、YESのとき（所定の釣り合い条件を全ての端部が満足しているとき）にはステップS18に進む。

【0099】ステップS17：所定の釣り合い条件の制約の基に、各端点（固定点及び自由端）を、その端点について算出した合力F及び合モーメントMの方向に所定量だけ移動及び回転させる。

【0100】ステップS18：移動後及び回転後の各端点（固定点及び自由端）の位置に基づいて、形状及び端部に発生する力再計算し、ステップS14に戻る。このとき、形状の再計算は、基本形状算出処理（図7）のステップS4以降の処理をコールすることによって行えば良い。

【0101】ステップS19：各端点が所定の釣り合い条件を満足した形状（釣り合い形状）をディスプレイ22に表示すると共に、各端点に加わる力Fを、その力の大きさと向きを表わすベクトルとして表示する。このとき、コネクタ及び固定クリップに加わる力が予め設定した所定値より大きいときには、その旨を報知すべく、表示するベクトルの色を変更する、或いは文字等を併せて表示する等の処理を行うことにより、オペレータは、過大な力が自由度0の固定位置（端点）に加えられることを容易に認識することができる。

【0102】図15は、本実施形態に係る釣り合い形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力Fの表示例を示す図である。

【0103】同図に示すワイヤハーネスは、図示可能なサイズの関係から、分岐点を有する当該ワイヤハーネスの一方の端部だけを示しており、各固定位置には発生する力の大きさ及び向きが表示されている。

【0104】ステップS20：ステップS11にて指定されたワイヤハーネスに分岐点が含まれる場合は、その分岐点における破断力を表示する。

【0105】図11は、分岐点における破断力の表示を説明する図であり、分岐点において釣り合い条件が成立した場合には、分岐先の細い方の2本のワイヤハーネスに当該分岐点においてそれぞれ発生している力 F_1 と F_2 とのベクトル加算を行い、その結果を矢線や数値で表示する。図11に示す例の場合は、力 F_1 の方が F_2 よりかなり大きいため、そのベクトル加算の結果を表わす破断力及びその数値が、分岐先の上側のワイヤハーネスに表示される。これにより、オペレータは、分岐点が力学的に静止してはいるものの、算出された破断力があまりにも大きいときには、その分岐点において破断が生じる可能性が有ることを容易に予測することができる。

【0106】上述した釣り合い形状算出処理によれば、最適な釣り合い形状が自動的に算出されると共に、各端部に発生する力の大きさが表示されるので、オペレータは、コネクタ等の固定部材を固定するために必要な力の

向きと大きさ、周囲の干渉物との位置関係をを視覚的に容易に認識することができ、設計時の支援性を向上することができる。

【0107】また、上述した釣り合い形状算出処理によれば、各部門において並行して設計業務が行われる所謂コンカレントエンジニアリング環境において、前工程の設計部門から最終的な干渉面の形状が入手できない場合（即ち、製品形状の細部が作り込まれていない精度の低い形状モデルしか入手できない場合）においても、取り敢えず入手した干渉面の形状（または座標値）を利用して目的とするワイヤハーネスの釣り合い形状を把握することができ、設計効率が向上する。

【0108】また、後日、前工程の設計部門にて発生した仕様変更等に応じて、使用すべき線材の変更、保護材の有無、クリップの種類変更等の変更する必要が生じた場合においても、その変更に関する設定事項を再入力し、上述した基本形状及び釣り合い形状を再計算すれば、発生した仕様変更柔軟且つ迅速に対応することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態にて設計対象とするワイヤハーネスの全体形状を例示する図である。

【図2】図1に示すワイヤハーネスの断面形状を例示する図である。

【図3】本実施形態にて設計対象とするワイヤハーネスを保持する回転クリップの形状を例示する図である。

【図4】本実施形態に係るワイヤハーネスの形状算出において扱う支持部材の種類及びその自由度の一覧を示す図である。

【図5】本実施形態において採用する弾性体モデルのベクトル式を説明するための図である。

【図6】本実施形態における基本形状算出処理において算出する1本のワイヤハーネスの形状と、その形状を算出するためにオペレータが入力すべきパラメータを説明する図である。

【図7】本実施形態における基本形状算出処理を示すフローチャートである。

【図8】本実施形態における釣り合い形状算出処理の対象となる分岐を有するワイヤハーネスの形状を例示する

図である。

【図9】図8に示すワイヤハーネスに含まれる分岐点Paを構成するワイヤハーネス2乃至4に発生する力及びモーメントを説明する図である。

【図10】本実施形態における釣り合い形状算出処理を示すフローチャートである。

【図11】分岐点における破断力の表示を説明する図である。

【図12】本実施形態に係る線条材の配線設計支援装置のブロック構成図である。

【図13】本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力Fの表示例を示す図である。

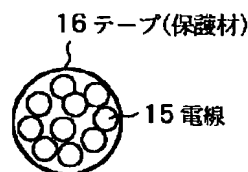
【図14】本実施形態に係る基本形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状と、一般的なCADシステムによって算出したワイヤハーネスの形状とを比較例を示す図である。

【図15】本実施形態に係る釣り合い形状算出処理において算出したワイヤハーネスの形状及び力Fの表示例を示す図である。

【符号の説明】

- 11、：コネクタ、
- 12、12A～12C：電装品、
- 13、13B、13C：クリップ、
- 13A：回転クリップ、
- 14、16：保護材、
- 15、：電線、
- 17：ワイヤハーネス、
- 18：ベース、
- 21：CPU、
- 22：ディスプレイ、
- 23：キーボード、
- 24：ROM、
- 25：RAM、
- 26：記憶装置、
- 27：通信インタフェース、
- 28：プリンタ、
- 29：内部バス、
- 30：通信回線、

【図2】

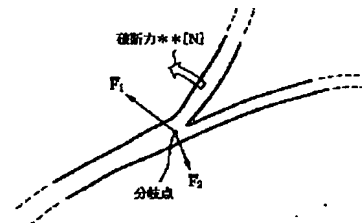


【図4】

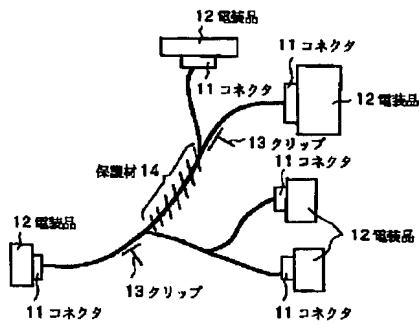
固定方法	合力の存在による移動			合モーメントの存在による回転		
	x方向	y方向	z方向	x方向	y方向	z方向
コネクタ	×	×	×	×	×	×
固定クリップ	×	×	×	×	×	×
回転クリップ	×	×	×	○	○	×
分岐点(自由端)	○	○	○	○	○	○

(×：不可能
○：可能)

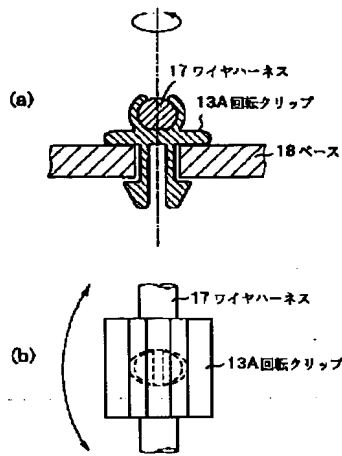
【図11】



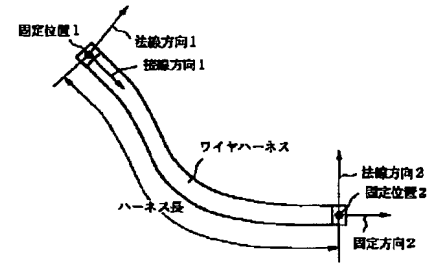
【図1】



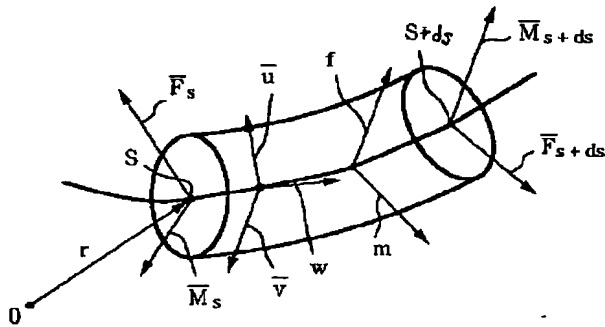
【図3】



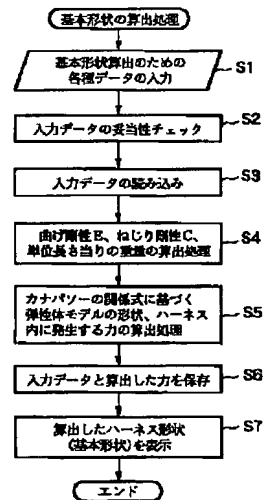
【図6】



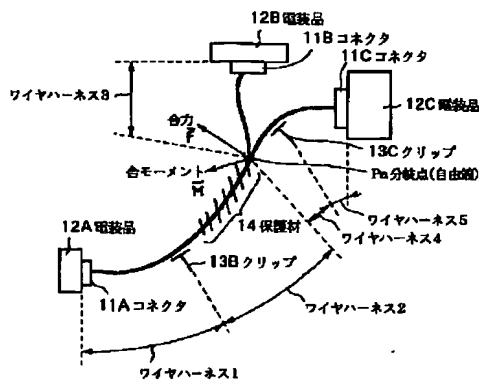
【図5】



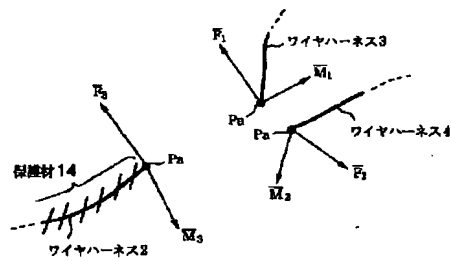
【図7】



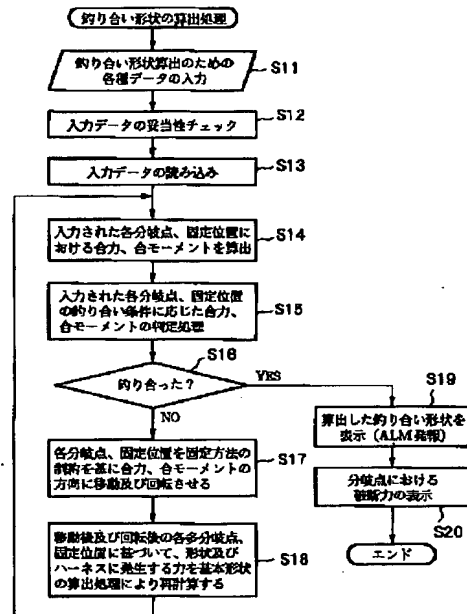
【図8】



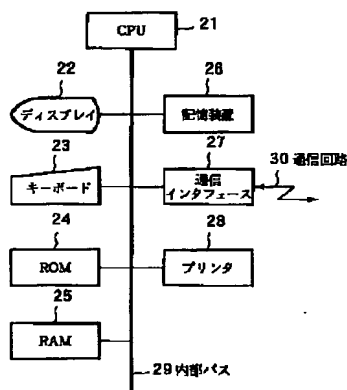
【図9】



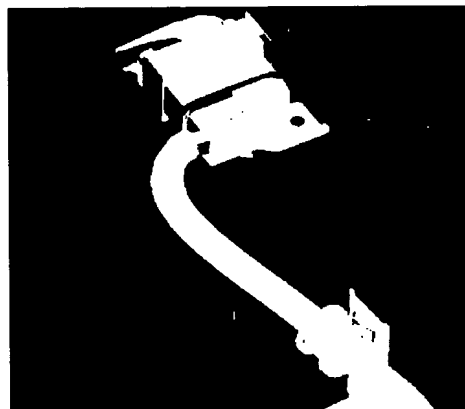
【図10】



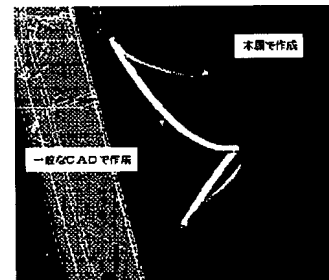
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 平野 誠一
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(72)発明者 福島 朋浩
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

Fターム(参考) 5B046 AA04 AA07 DA02 GA01 JA07
5G363 AA16 AA20 BA02 DA13 DC02